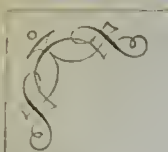
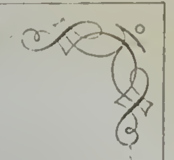



UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE LETZTEN

ENDIGUNGEN DER NERVEN

VON

A. KÖLLIKER.

ERSTE ABHANDLUNG.

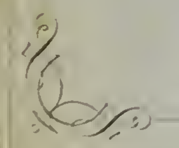
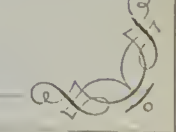
UEBER DIE ENDIGUNGEN DER NERVEN IN DEN MUSKELN DES FROSCHES.

MIT 4 KUPFERTAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1862.



UNTERSUCHUNGEN

UEBER DIE LETZTEN

ENDIGUNGEN DER NERVEN

VON

A. KÖLLIKER.

ERSTE ABHANDLUNG.

UEBER DIE ENDIGUNGEN DER NERVEN IN DEN MUSKELN DES FROSCHES.

MIT 4 KUPFERTAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1862.



Abdruck aus der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.
Bd. XII. Heft 2. 1862.

Die Veranlassung zu dieser Arbeit gaben vor Allem die neuen Untersuchungen von *W. Kühne* (Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. Mit 5 Tafeln. Leipzig, W. Engelmann, 1862.), deren Ergebnisse in hohem Grade auffallend und für die Physiologie bedeutungsvoll erscheinen, nächstdem auch der Wunsch, die Angaben auch der andern neuern Beobachter in diesem Gebiete, von *Schaafhausen* und von *L. Beale*, bei einem Thiere zu prüfen, das für solche Forschungen auf jeden Fall als in hohem Grade günstig anzusehen ist. —

Nach *W. Kühne's* Untersuchungen gehen beim Frosche die Nervenprimitivfasern dunkelrandig bis an die Muskelfasern heran, dringen dann in das Innere derselben ein, werden blass und enden theils mit freien, zugespitzten Ausläufern, theils mit besondern, eigenthümlich gebauten Endorganen, den Nervenendknospen von *Kühne*. Die genaueren Verhältnisse betreffend, so soll an der Eintrittsstelle der Nervenröhren in die Muskelfasern die eigentliche (*Schwann*'-sche) Nervenscheide mit dem Sarcolemma verschmelzen und — da das Nervenmark in der Regel hier aufhört — die blassen Nervenröhren im Innern der Muskelfasern einfach Fortsetzungen des Axencylinders sein. Dieser verzweigt sich dann nach *K.* in einem verhältnissmässig kleinen Bezirke mehrfach, so dass 5—10 und mehr Endigungen aus demselben hervorgehen, und an dieser Verzweigung sitzen dann da und dort, theils seitlich, theils endständig, die Nervenendknospen an in Gestalt länglichrunder körniger Körperchen mit meist zugespitztem äusserem Ende und von geringerer Grösse als die Muskelkerne, an denen *Kühne* bei 1000—1800 maliger Vergrösserung noch einen besonderen Bau gesehen zu haben glaubt. Jede Knospe nämlich soll bestehen:

1) aus einer äussern körnigen Umhüllung, die am freien Ende wie pinselförmig zerfasert sei oder wie einen büschelförmigen Anhang besitze — und 2) aus einem innern Faden, der ein Ast des Axencylinders sei, an dem die Endknospe ansitze, und im Innern dieser in ein birnförmiges Körperchen ausgehe, das fast immer mit kleinen Kügelchen erfüllt erscheine, welche sehr verschieden seien von dem feinkörnigen Inhalte der übrigen Knospe. Diesem zufolge steht *Kühne* nicht an, eine gewisse Aehnlichkeit dieser Endknospen mit den *Pacini*'schen Körperchen hervorzuheben, immerhin hütet er sich jedoch, diese Aehnlichkeit weiter zu betonen.

Vergleicht man diese Angaben mit dem, was man bisher über die Endigungen der Nerven in den Froschmuskeln wusste, wie sich diess vor Allem in den bekannten Arbeiten von *R. Wagner* und *Reichert* niedergelegt findet, so ergeben sich solche Unterschiede, dass man unmöglich an Beobachtungsfehler der bisherigen Forscher denken kann, sondern veranlasst wird, vor Allem die Frage sich vorzulegen, welche Untersuchungsweisen in dem einen und andern Falle angewendet wurden. Und da ergiebt sich dann allerdings, dass die bisher beliebte Behandlung der Muskeln mit Kali oder Natron causticum oder mit stärkerer Essigsäure zarte blasse Nervenenden, wie sie *Kühne* beschreibt, unmöglich zur Anschauung bringen konnte, indem diese Reagentien solche entweder zerstören oder zu blass machen mussten. *Kühne* dagegen hat bei seinen Untersuchungen eines ganz neuen Verfahrens sich bedient, und erklärt sich so von vorn herein, warum es ihm möglich wurde, eine genauere Einsicht in das Verhalten der Nervenenden der Muskeln zu gewinnen. Derselbe erweicht einen Muskel (zur Untersuchung diente ihm vor Allem der Gastrocnemius) in einer sehr verdünnten Schwefelsäure (0,1 Gr. Schwefelsäure von 1,83 spec. Gew. in 1 Liter Wasser) während 24 Stunden, und wäscht denselben dann mit destillirtem Wasser so lange aus, bis das Wasser blaues Lackmuspapier nicht mehr färbt. Hierauf kommt der Muskel mit destillirtem Wasser auf 24 Stunden in eine Temperatur von 35—40° C. und wird, wenn diess geschehen ist, so lange mit Wasser in einem Proberöhrchen heftig geschüttelt, bis die Fasern einzeln in der Flüssigkeit herumtreiben, welche dann für sich untersucht werden. Ausserdem erforschte *Kühne* auch ganz frische, einzeln herausgeschnittene Muskelfasern des Gastrocnemius in Humor vitreus oder Blutserum, sowie nach der Methode von *Budge* durch chlorsaures Kali und Salpetersäure einzeln für sich dargestellte Fasern, mit Bezug auf welche Verfahrungsweisen alle die Einzelnheiten in seiner Schrift nachzusehen sind. —

Da somit offenbar Alles auf eine zweckmässige Behandlung der Muskelfasern und Muskeln ankommt, so wandte ich in erster Linie diesem Gegenstande mein Augenmerk zu. Ich prüfte theils die Verfahrungsweisen von *Kühne*, theils versuchte ich neue Reagentien, und unter diesen finden sich einige, die unbedingt denen von *Kühne* an die Seite gestellt

werden dürfen, ja wie ich behaupten möchte, selbst den Vorzug vor denselben verdienen. Es sind folgende:

1) Essigsäure.

Da verdünnte Essigsäure schon vor langer Zeit bei der Darstellung der blassen Hautnerven der Maus mir vortreffliche Dienste geleistet hatte, so versuchte ich vor Allem dieses Mittel, und siehe da, dasselbe ergab vortreffliche Bilder. Es kommt jedoch Alles auf die Stärke der Säure an, und habe ich, nachdem ich anfangs auf Gerathewohl eine verdünnte Lösung angewendet hatte, ermittelt, dass eine Lösung, welche auf 100 Ccm. Wasser 8—12—16 gtt. Ac. acet. concentratum von 1045 spec. Gew. enthält, die günstigste ist. In einer solchen Lösung wird der Hautmuskel der Brust des Frosches schon in $1\frac{1}{2}$—2 Stunden so durchsichtig, dass die letzten Nervenenden sichtbar sind. Uebrigens sind auch noch dünnere und viel stärkere Essigsäurelösungen unter Umständen brauchbar, doch haben mir dieselben bisher keine so gleichbleibenden Ergebnisse geliefert, wie die bezeichnete Mischung. Ist einmal ein Muskel in einem günstigen Zustande, so lässt sich derselbe in einer 1—2 % Essigsäurelösung, wie es scheint, beliebig lange erhalten, wenn man ihn in einem wohlverschlossenen Glase aufbewahrt.

2) Salzsäure von 1 pro mille.

Da die Untersuchung der Nervenenden in den Muskeln und zwischen den Muskelfasern vor Allem durch die verhältnissmässige Undurchsichtigkeit dieser, ihre Quer- und Längsstreifen behindert wird, so verfiel ich auf den Gedanken Mittel anzuwenden, die ohne eingreifend zu sein, doch die Muskelfasern aufhellen. Hier musste vor Allem verdünnte Salzsäure sich empfehlen, die, wie längst bekannt, den Muskelfaserstoff auflöst (s. auch *Brücke* in Wien. Sitzber. 1861.), dagegen, wie *Lehmann* und ich nachgewiesen haben, die Axencylinder der Nerven nicht angreift, und in der That gewährte auch dieses Mittel sehr schöne Bilder. Da jedoch nach und nach die Muskeln in demselben zu weich werden und ganz zerfallen, so kommt es hier auf eine Untersuchung zur rechten Zeit an und hat sich mir im Allgemeinen bei einer Zimmertemperatur von 12—17° R. die Zeit zwischen der 12. bis 8. Stunde als die günstigste ergeben.

3) Künstlicher Magensaft.

Die günstige Wirkung der Salzsäure brachte mich auf den Gedanken, ob nicht durch künstlichen Magensaft die Darstellung der blassen Nervenenden noch schneller und vielleicht besser zu erzielen sei, und ergab sich, dass auch dieses Verfahren seine Vorzüge hat. Ich benutzte immer die Schleimhaut des Froschmagens und als Säure theils die oben angegebene sehr verdünnte Essigsäure, theils die Salzsäure von 1 pro mille und machte alle Versuche bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur. In den meisten Fällen wurden auch nach diesem Verfahren schöne Bilder erzielt, doch zerfallen die Muskel-

fasern schneller und werden auch die Nervenenden angegriffen, daher solche Stücke nur eine bestimmte kürzere Zeit brauchbar sind. Will man dieselben im guten Zustande länger erhalten, so muss man dieselben zu der Zeit, wo sie eben brauchbar geworden sind, mit destillirtem Wasser auswaschen und in Essigsäure von 1 % aufbewahren.

4) Salpetersäure von 1 pro mille.

Auch diese Säure hat mir ziemlich gute Dienste geleistet, doch habe ich im Allgemeinen Essigsäure und Salzsäure brauchbarer gefunden. In 24 Stunden werden in der angegebenen Lösung Froschmuskeln so durchsichtig, dass die Enden der Nervenfasern zu erkennen sind.

Ich zweifle nun nicht, dass es auch noch andere Mittel als die angegebenen giebt, welche zu günstigen Erfolgen führen, doch hatte ich keine Zeit meine Prüfungen nach dieser Richtung noch weiter auszudehnen. —

Als Untersuchungsgegenstand diente mir vor Allem der von *Al. Ecker* in die Kreise der Mikroskopiker eingeführte Hautmuskel der Brust des Frosches (Abdomino-guttural *Dugès*), dessen Nervenverzweigung *Reichert* mit so vielem Erfolge untersucht hat, indem ich es nicht für rathsam hielt, die Nervenenden nur, oder doch vor Allem an einzeln dargestellten Muskelfasern zu verfolgen, wie *Kühne*. Ausserdem untersuchte ich allerdings auch einzeln dargestellte Muskelfasern aus dem Hautmuskel und dem Gastrocnemius und den Bauchmuskeln.

Die Linsen, deren ich mich bediente, waren 1) ein *Hartnack*'sches System 10 à immersion und 2) das stärkste *Nachet*'sche System 7 à correction. Vergrösserungen von 1000—1500, wie sie *Kühne* anwandte, zeigten mir nichts, was ich nicht schon bei vortrefflichen 500—600 maligen Vergrösserungen zu erkennen im Stande war. —

Ich wende mich nun zur Darstellung meiner Erfahrungen und handle der Reihe nach 1) von den Enden der motorischen Nervenfasern, 2) von den anderweitigen Nervenendigungen in den Muskeln und 3) von eigenthümlichen in Froschmuskeln vorkommenden Nervenknospen.

1. Von den Endigungen der Nervenfasern an den Muskelprimitivbündeln.

Mit Hülfe der von mir angegebenen Reagentien, vor Allem der Essigsäure und Salzsäure, ist es nicht schwer sich zu überzeugen, dass in der That die Muskelnerven nicht so enden, wie man diess seit *R. Wagner's* und *Reichert's* Untersuchungen ziemlich allgemein angenommen hat, sondern überall in blasse, meist ebenfalls noch verzweigte feine Endäste auslaufen, und betrachte ich es als das Hauptverdienst der Untersuchungen von *Kühne*, diese Endfasern, wie ich sie nenne, zuerst mit Sicherheit nachgewiesen zu haben, während bisher nur die sehr unbestimmten und von Niemand aufgenommenen Angaben *Axmann's* in dieser Beziehung

vorlagen. Die Anordnung dieser Endfasern ist, wie die Durchmusterung von sehr vielen Endigungen mich gelehrt hat, ungemein wechselnd und nie in zwei Fällen gleich, so dass es kaum möglich ist, dieselben im Einzelnen zu schildern. Besser als alle Beschreibungen sind bildliche Darstellungen, und verweise ich daher vor Allem auf die getreu nach der Natur gezeichneten Figuren 1—6, welche einige der ausgezeichnetsten Fälle wiedergeben und zusammen mit den von *Kühne* gelieferten Abbildungen vollkommen hinreichen, um eine Vorstellung der wesentlichsten Verhältnisse zu geben.

Einzelnheiten anlangend handle ich nun zunächst von der Beschaffenheit der blassen Endfasern. *Kühne* nennt dieselben Fortsetzungen der Axencylinder und bildet sie auch so ab, es sind dieselben jedoch entschieden mehr, und zwar Verlängerungen der Hülle und des Inhaltes der dunkelrandigen Nervenröhren, wovon ich in so vielen Fällen mit aller nur möglichen Klarheit mich überzeugt habe, dass mir in dieser Beziehung keine Zweifel geblieben sind. Die Figuren 1—5 zeigen an vielen Stellen getreu nach der Natur dargestellt dieses Verhalten, und zum Ueberflusse habe ich in der Figur 6 noch besonders klare Fälle wiedergegeben. Die zarte, gleichartige (*Schwann*'sche) Scheide der Nervenröhren *a* geht somit nicht in das Sarcolemma der Muskelfasern über, wie *Kühne* behauptet, sondern umhüllt eine blasse Fortsetzung *d* des Nerveninhaltes (des Nervenmarkes und des Axencylinders), und beide zusammen setzen erst die Endfasern zusammen. Ueber die Bedeutung der blassen Fortsetzung des Nervenröhreninhaltes in diesen, die ich die Innenfaser nennen will (*d*), ist es schwer sich zu äussern, doch möchte ich glauben, dass dieselbe in den meisten Fällen vor Allem eine Verlängerung des Axencylinders ist, doch habe ich auch Innenfasern gesehen, die leichte Varicositäten und einen schwachen Glanz besassen, und scheint mir daher, dass hie und da auch noch eine dünne Lage von Nervenmark auf die Innenfasern übergeht. Wenn nun übrigens auch am Anfange der meisten Endfasern die Fortsetzung der *Schwann*'schen Scheide und eine Innenfaser als getrennte Gebilde zu unterscheiden sind, so verschmelzen dieselben doch im weiteren Verlaufe so miteinander, oder, vielleicht besser ausgedrückt, verschwindet die Innenfaser als besonderes Gebilde und erscheinen dann die Endfasern einfach als blasse, gleichartige, faserartige Bildungen. Geht man der Sache auf den Grund, so gelangt man zur Ueberzeugung, dass auch diese Theile der Endfasern zarte Röhren sind, und spricht für diese Vermuthung ausser der Thatsache, dass sie die Fortsetzung von wirklichen Röhren sind, auch noch der Umstand, dass gewisse Reagentien, wie z. B. Essigsäure, feine, spärliche, körnige Niederschläge in ihnen erzeugen, welche auch *Kühne* gesehen hat, während sie frisch und durch Salzsäure und besonders Magensaft ganz gleichartig und hell erscheinen. — Die Breite der blassen Endfasern ist sehr verschieden. Die meisten messen nur

0,001''', einige (Fig. 2 und 3.) bis 0,002''' und mehr, viele unter 0,001''' und zwar meist 0,0005—0,0008''', doch kommen auch, obschon seltner, ganz feine Fäserchen wie Bindegewebsfibrillen vor.

Die Beziehungen der blassen Endfasern zu den dunkelrandigen Nervenfasern verdienen noch in einem andern Punkte als den schon erwähnten Berücksichtigung. In den meisten Fällen sind dieselben die geradlinigen Fortsetzungen dunkelrandiger Röhren, doch giebt es auch Fälle, in denen eine solche Röhre durch Theilung in zwei oder in drei blasse Endfasern übergeht (Fig. 1, 2, 3.). Noch auffallender sind die Fälle, in denen dunkelrandige Röhren in ihrem Verlaufe seitlich blasse Endfasern abgeben, namentlich wenn diese unter rechtem Winkel oder gar einander gegenüber zu zweien abgehen, wovon die Figur 3 zwei Beispiele zeigt. Es ist übrigens klar, dass auch diese Vorkommnisse unter die Abtheilung der Theilungen der Nervenröhren fallen, nur dass bei denselben eine dunkelrandige Faser nicht in lauter blasse Endfasern oder wieder in dunkelrandige Röhren, sondern in solche beider Arten sich zerspaltet. Gerade diese Fälle, die *Kühne* nicht gesehen zu haben scheint, wenigstens nicht abbildet, lehren am deutlichsten und entschiedensten, dass die blassen Endfasern auch Fortsetzungen der Nervenscheide sind.

Ein zweiter erwähnenswerther Punkt sind die von *Kühne* sogenannten Endorgane oder Nervenendknospen an den blassen Endfasern, denen er eine solche Wichtigkeit zuzuschreiben scheint, dass er dieselben zur Ueberschrift seiner Abhandlung benutzte. Diese Endorgane, die von *Kühne* mit so wunderbaren Eigenthümlichkeiten des Baues, einer Hülle, einem centralen Faden mit Knöpfchen und einem Endbüschel ausgerüstet wurden, so dass selbst der Gedanke an eine entfernte Aehnlichkeit mit *Pacini*'schen Körperchen auftauchte, sind Nichts als — Zellenkerne! Da *Kühne* durch die Auffindung der blassen Endfasern und noch dazu an so ungünstigen Objecten, wie den isolirten Muskelfasern, sich gewiss als ein guter Mikroskopiker erwiesen hat, so traute ich anfangs meinen Augen nicht, als ich zuerst diese Kerne der Endfasern (*f*) erblickte, denn ich sagte mir, es werde *Kühne* doch irgend einen Grund gehabt haben, um die fraglichen Gebilde als etwas ganz Besonderes zu beschreiben, allein alles Nachforschen war umsonst. Dieselben Vergrösserungen, die *Kühne* benutzt hatte, wohl unzweifelhaft eben so gute Linsen, frische und mit Reagentien behandelte Muskeln und Muskelfasern zeigten mir Nichts als Zellenkerne und stand ich schliesslich davon ab, mir begreiflich machen zu wollen, wie *Kühne* zu seiner auffallenden Beschreibung derselben gelangte. Das einzige, was ich fand, war das, dass einzelne der Kerne einen dunkleren, entweder mehr in der Mitte oder näher am Rande gelegenen Strich zeigten, der unzweifelhaft von einer Falte herrührte und ganz in derselben Weise auch an einzelnen Kernen der Scheide der dunkelrandigen Nervenfasern vorkam. Ueberhaupt stimmen die Kerne der blassen Endfasern in allen Beziehungen

mit den Kernen der Scheide der dunkelrandigen Nervenröhren überein, so dass es mir überflüssig scheint, über ihre Bedeutung weiter Worte zu verlieren. Lage, Grösse und Gestalt derselben gehen aus meinen Abbildungen hinreichend hervor und bemerke ich daher nur noch folgendes. An frischen Präparaten sind diese Kerne sehr zart und blass und schwer zu erkennen, auch kaum oder nur sehr fein körnig. Durch Reagentien erscheinen sie theils dunkler und körniger, auch etwas geschrumpft oder mit ungleichen Umrissen ($\bar{A}$) oder mehr gleichartig und blass (*H Cl*). Endständig, wie *Kühne* dieselben zum Theil abbildet, sah ich sie nie, doch kamen auch mir Fälle vor, wo die Endfasern jenseits der Kerne nur ganz kurz waren (Fig. 3.). Die sonstigen Beziehungen der Kerne zu den Endfasern anlangend, so fanden sich dieselben entweder im Verlaufe dieser oder an Theilungsstellen. Meist schienen die Kerne wie seitlich an den Endfasern anzusitzen, doch kann ich nach Allem, was ich über diese Verhältnisse weiss, nicht bezweifeln, dass dieselben in der That in den Endfasern sitzen, so jedoch, dass die Fortsetzung der Hülle dieser um sie herum nicht als etwas Besonderes zu erkennen ist. — Sollte es nöthig sein, noch etwas zur Unterstützung meiner Deutung der hier besprochenen Gebilde zu bemerken, so kann ich anführen, dass wie unten gezeigt werden soll, ganz ähnliche Kerne auch an den blassen Endfasern der sensiblen Muskelnerven sich finden, sowie dass solche Kerne in blassen, marklosen Endverästelungen von Nerven überhaupt eine ganz gewöhnliche Erscheinung sind (Elektrisches Organ von *Torpedo*, Haut der Maus, des Frosches, Herz des Frosches, Schleimhäute, Cornea u. s. w.).

Ich komme jetzt zu einer Frage, deren Ermittlung viel mehr Schwierigkeiten macht, nämlich der, ob die blassen Endfasern wirklich im Innern der quergestreiften Muskelfasern liegen, wie *Kühne* behauptet, oder nicht. So wichtig dieser Punkt für die Physiologie auch ist, so glaube ich doch sagen zu dürfen, dass ich denselben ganz unbefangen geprüft habe und bei der Untersuchung alle Erwägungen fern hielt, welche mich gegen dieses Eindringen der Nerven in die Muskelfasern hätten einnehmen können. Ja ich glaubte selbst eine Zeit lang, nach Auffindung der später zu beschreibenden Nervenknospen, *Kühne's* Ansicht in der That vertreten zu können. Allein das hier scheinbar vorhandene Eindringen der Nerven erklärte sich bei genauerer Untersuchung in ganz anderer Weise und ergab sich als ein Trugbild (siehe unten), während auf der anderen Seite die Beweise gegen dieses Eintreten sich immer mehr häuften, bis ich am Ende auch in dieser Frage zu einer derjenigen von *Kühne* ganz entgegengesetzten Stellung gelangte.

Bei Auseinandersetzung der Gründe für meine Behauptung, d a s s d i e g a n z e b l a s s e E n d v e r ä s t e l u n g a u s s e n a u f d e n M u s k e l f a s e r n, d. h. d e m S a r c o l e m m a, ihre Lage hat, beginne ich mit der Bemerkung, dass *Kühne's* Schilderungen und Abbildungen, nach denen die Nervenscheide in das Sarcolemma der Muskelfasern sich fortsetzen

und nur die Axencylinder in das Innere der letztern dringen sollen, nicht gerade zu Gunsten der Richtigkeit seiner Wahrnehmungen sprechen, denn es unterliegt, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, nicht dem geringsten Zweifel, dass die Nervenscheide auch auf die blassen Endfasern sich fortsetzt. Ich will jedoch diesen Umstand nicht so sehr betonen, als es vielleicht erlaubt wäre, immer noch als möglich annehmen, dass die Nervenröhren sammt ihrer Scheide in die Muskelfasern eintreten, und meine weiteren Gegengründe vorbringen. Zuvörderst sei es mir erlaubt zu sagen, dass es mir nie gelungen ist, irgendwo ein Eindringen einer dunkelrandigen Faser zu sehen. Ich weiss nun zwar wohl, dass ein Nichtfinden einer von einem Andern wahrgenommenen Thatsache nicht zu weitergehenden Schlüssen berechtigt, da ich jedoch von mir behaupten darf, viele Nervenendigungen unter günstigen Verhältnissen untersucht zu haben, so möchte das Ergebniss meiner Beobachtungen doch vielleicht von einigem Belange sein. Uebrigens bedarf es eigentlich des Herbeiziehens dieser verneinenden Beobachtungen nicht, denn ich habe mit Bestimmtheit mich überzeugt, dass viele blasse Endfasern aussen auf den Muskelfasern liegen. Durchmustert man viele Endigungen, so trifft man gar nicht selten auf Stellen, wo blasse Endfasern gegen den Rand der Muskelfasern verlaufen und deutlich aussen am Sarcolemma nach der andern Seite weiter ziehen. Häufig kommt es auch vor, dass eine Endfaser, indem sie dem scheinbaren Rande einer Muskelfaser parallel zieht, geschlängelt verläuft, und so bald über, bald unter der Muskelfaser gesehen wird, wobei sie am Rande bestimmt aussen am Sarcolemma gesehen wird, wie es die Fig. 5 zeigt. Zur Unterstützung des hieraus abzuleitenden Schlusses erwähne ich nun noch, dass gar nicht selten auch die zu Einer dunkelrandigen Nervenröhre gehörenden Endfasern zu zwei Muskelfasern gehen (Fig. 2, 3, 5.), was ebenfalls nicht mit *Kühne's* Angaben stimmt, nach denen die markhaltigen Röhren in die Muskelfasern eindringen und alle zu einer dunkelrandigen Faser gehörenden Endfasern in einer und derselben Muskelfaser enden.

Ausser diesen wichtigeren Thatsachen halte ich nun auch noch folgendes für erwähnenswerth. Erstens sieht man an Flächenansichten die Endfasern immer über den Querstreifen und den Muskelkernen, was zwar zur Entscheidung, ob dieselben innerhalb oder ausserhalb des Sarcolemma liegen, nicht hinreicht, aber doch beweist, dass dieselben nicht, wie *Kühne* will, in das Innere der Muskelfasern eintreten. — Behandelt man zweitens die Muskelfasern mit Salzsäure von 1 pro mille, welche den quergestreiften Inhalt verflüssigt, so sieht man, dass die Endfasern ihre Stellung unverändert beibehalten, auch wenn der gesammte Inhalt sammt den Kernen der betreffenden Faser in strömender Bewegung begriffen ist. — Drittens sieht man in dem in toto herausgequollenen Inhalte der Muskelfasern nie eine Spur der blassen Endfasern oder ihrer Kerne. Ich habe nämlich gefunden, dass eine Essigsäure von gewisser

Concentration (Ac. acet. concentratum von 10 %) den Inhalt der Muskelfasern in Zeit von 4—6 Stunden in Gestalt von querstreifigen, walzenförmigen, zusammenhängenden Massen heraustreibt, welche an dem Hautmuskel der Brust des Frosches leicht 3—4''' Länge erreichen. Es ist somit, wenn man den Muskel nahe an der Stelle des Nervenstämmchens quer durchschneidet, leicht, die Inhaltstheile der Gegend zu erhalten, wo die Nerven sich ausbreiten, allein nie findet man eine Spur der Endfasern auf den herausgetretenen Cylindern.

Gestützt auf alle diese Wahrnehmungen, und vor Allem auf die bestimmte Beobachtung von Endfasern, die aussen am Sarcolemma verlaufen, kann ich nicht anders als *Kühne's* Behauptung von dem Eindringen der Nerven in die Muskelfasern als nicht richtig zu erklären und mit neuen Gründen der alten Ansicht mich anzuschliessen, dass die Nerven aussen an den Muskelfasern, aber dicht am Sarcolemma ihr Ende erreichen. —

Es erübrigt nun noch Eines, nämlich die Schilderung des letzten Endes der blassen Endfasern, mit Bezug auf welches mir noch einige Zweifel geblieben sind. Zwar fand auch ich die scheinbar freien Enden, die *Kühne* schildert, auf der andern Seite kamen mir aber auch Bilder vor, welche den Gedanken erweckten, ob nicht vielleicht auch hier, wie im physiologisch verwandten elektrischen Organe von *Torpedo*, ein ganz zartes und dichtes E n d n e t z vorhanden sei. Es kommen nämlich an den marklosen Endfasern in manchen Fällen (Fig. 4.) zahlreiche kurze, spitze oder abgerundete Seitenanhänge, oder wenigstens so wenig scharf gezeichnete Begrenzungen vor, dass die Möglichkeit des Vorkommens noch feinerer Ausläufer einem nahe tritt, doch ist es mir bisher weder an frischen, noch an mit verschiedenen Reagentien behandelten Fasern gelungen, weitere Anschauungen nach der angegebenen Richtung zu erhalten und kann ich einige wenige (3) Fälle von unzweifelhaften Verbindungen der Endfasern untereinander (Fig. 4. *g*.), die ich bisher sah, nicht in diesem Sinne verwerthen. Auf der andern Seite sieht man die Endfasern häufig auch so scharf begrenzt und schön und auf weite Strecken so geradlinig verlaufen, dass es schwer hält zu glauben, dass dieselben nicht die wirklichen Enden darstellen, und erklären sich vielleicht die oben erwähnten Bilder daraus, dass die Reagentien, welche durch Aufhellung der Muskelfasern die Nervenfasern deutlich machen, bald mehr bald weniger auch diese angreifen, die offenbar sehr zarte Gebilde sind. —

2. Von den anderweitigen Nervenendigungen in den Muskeln des Frosches.

In der oben angeführten Arbeit erwähnt *Kühne* ausser den Endigungen der Nerven an den Muskelfasern keine andern Nervenausbreitungen, was sich leicht begreift, wenn man weiss, dass er die Nervenenden nur

oder vor Allem an den isolirten Muskelfasern des Gastrocnemius prüfte. Es kommen jedoch in den Muskeln, wie ich vom Menschen im Jahre 1850 (Mikr. Anat. II, 1.) und *Reichert* vom Frosche im Jahre 1851 zeigte, noch andere Nervenfasern von sehr eigenthümlichem Verlaufe vor, die wir beide vermuthungsweise als sensible Fasern deuteten, über deren feinere Verhältnisse bisher noch gar nichts ermittelt war, daher ich es nicht für überflüssig hielt, meine Forschungen auch nach dieser Richtung auszudehnen, wobei sich folgende nicht unwichtige Ergebnisse herausstellten.

Das allgemeine Verhalten dieser sensiblen Fasern, wie ich sie nennen will, ist im Hautmuskel des Frosches so, dass von dem Nervenstamme desselben da und dort einzelne Fasern sich ablösen, um in weitem Verlaufe mit einzelnen Theilungen über den ganzen Muskel auch auf den Stellen, wo Muskelnerven gänzlich fehlen, sich auszubreiten. Im Einzelnen ist der Verlauf dieser Fasern nie bei zwei Muskeln auch nur annähernd gleich, und verweise ich daher statt aller weitern Beschreibung auf die Figur 7, in welcher ein Fall getreu nach der Natur gezeichnet dargestellt ist. In diesem Muskel fand ich 5 Stämmchen sensibler Fasern (1, 1, 1, 1, 1.), alle nur aus je E i n e r schmalen Primitivfaser gebildet, von denen ein sehr entwickeltes den obern Theil des Muskels versorgte, während in der mittleren Gegend zwei, ein längeres und ein kürzeres und im unteren Theile zwei längere Stämmchen vorkamen. — Ueber das genauere Verhalten dieser sensiblen Fasern hat mir die Untersuchung vieler Muskeln folgendes gelehrt.

Erstens was den U r s p r u n g dieser sensiblen Fasern anbetrifft, so vermuthe ich wie *Reichert*, dass der kleine Nervenstamm des Muskels unter seinen 8—10 Fasern Eine sensible Faser führt, welche dann durch wiederholte Theilungen die Stämmchen der für sich verlaufenden sensiblen Fasern liefert. Freilich ist es mir ebensowenig wie *Reichert* gelungen, die einfaserigen Stämmchen rückwärts bis zu ihrer Stammfaser zu verfolgen, immerhin glaube ich einen guten Beweis für meine Annahme zu besitzen, und diess ist der, dass es Hautmuskeln giebt, in denen die S t a m m f a s e r a l l e r s e n s i b l e n Z w e i g e n i c h t i n d e r B a h n d e s m o t o r i s c h e n N e r v e n s t ä m m c h e n s e i n t r i t t, sondern f ü r s i c h, und manchmal in ziemlicher Entfernung von demselben z u m M u s k e l s i c h b e g i e b t. Ausserdem kann ich erwähnen, dass ich nie Muskeläste von den sensiblen Fasern habe abgehen sehen und eben so wenig diese von jenen, in welcher Beziehung ich jedoch vor Bildern warnen muss, die leicht täuschen könnten. So sah ich einmal eine sensible Faser scheinbar in drei Aestchen sich theilen, von denen eines zu einer Muskelfaser abging. Genau untersucht ergab sich, dass diese letztere nichts als eine aus der Tiefe aufsteigende ächte motorische Faser war, die auf eine kleine Strecke mit der sensiblen Faser verlief und dann sie verliess, und solche Verbindungen habe ich zu wiederholten Malen gesehen.

Der V e r l a u f der noch dunkelrandigen sensiblen Fasern ist so, dass

die überwiegende Mehrzahl derselben der äussern, der Haut zugewandten Fläche des Muskels zustrebt, um hier unter einer dünnen, den Muskel bedeckenden Fascie zu enden, welche zugleich auch die Wand des an den Muskel angrenzenden Lymphraumes bildet. Nur wenige Zweige der sensiblen Stämmchen begeben sich zur andern oder der tiefen Fläche des Muskels und keines verästelt sich, so viel ich bisher zur ermitteln vermochte, zwischen den Muskelfasern selbst, obwohl, wie sich von selbst versteht, die von dem an der tiefen Fläche des Muskels gelegenen Nervenstämmchen gegen die äussere Fläche ziehenden sensiblen Fasern zwischen den Muskelfasern durchzutreten haben, um an diese Fläche zu gelangen, wobei sie nicht immer den kürzesten Weg einschlagen, sondern oft auf längere Strecken zwischen ihnen verlaufen.

Die Endigung dieser Fasern hat *Reichert* nicht gesehen, woran nur die von ihm angewendete Behandlung der Muskeln mit Kali schuld ist. Benutzt man irgend eines der oben angegebenen Mittel, welche die Enden der motorischen Nerven vortreten lassen, so wird man auch in den Stand gesetzt, die letzten Ausläufer der sensiblen Fasern zu verfolgen. So habe ich — freilich nicht ohne Mühe und Zeitaufwand, denn die letzten Enden dieser Fasern sind ungemein feine und blasse Fädchen — ermittelt, dass hier eine Endigung sich findet, die im Wesentlichen an die der motorischen Fasern sich anschliesst, nur dass die blassen Endfasern über viel weitere Strecken sich verbreiten und feiner sind. Ein Blick auf die Fig. 8 und 9 wird besser als viele Worte über die näheren Verhältnisse aufklären. In Fig. 8 sieht man ein kleines Muskelstämmchen m, mit dem eine sensible Faser s verläuft. Von demselben abgetreten theilt sich diese in 3 Fasern x, y, z, von denen alle wie die feine Stammfaser eine Scheide mit Kernen und einen dunkelrandigen Inhalt (Mark sammt Axencylinder) haben. Die Faser x ist, so weit sie dargestellt ist, dunkelrandig, entsendet jedoch bei x' zwei blasse Fasern, die anfänglich noch eine Scheide und einen Inhalt erkennen lassen, der wie ein Axencylinder sich ausnimmt. Im weitern Verlaufe sieht man die eine dieser Fasern in eine feine, scheinbar einfache Endfaser e übergehen, an der in weiten Abständen Kerne und auch ein Seitenast vorkommen. Die Faser y ist anfänglich noch dunkelrandig, wird dann blass, behält aber die Scheide als weit abstehende Umhüllung noch lange bei. Innerhalb dieser Scheide theilt sich bei y' der blasse Inhalt (Axencylinder mit einer Spur (?) von Mark), und diese Nebenfaser geht dann weiter unten bei y'' ab, um bald zu einer Endfaser e zu werden. Ausserdem giebt die Faser y noch höher oben bei vv zwei Endfasern ab. Die 3. Faser z ist ebenfalls anfangs noch dunkelrandig, wird dann aber blass und ist nicht weiter dargestellt. Zeigt Fig. 8 den Anfang der sensiblen Fasern mit nur wenigen Endfasern, so sind in Fig. 9 nur diese dargestellt. Hier ist w der Anfang, der noch eine Scheide erkennen lässt. Alles andere sind Endfasern mit Kernen. Die mit o, o, o bezeichneten Stellen sind keine Enden, sondern

nicht ausgezeichnete Fasern, wohl aber liessen sich die mit p, p versehenen Fädchen nicht weiter verfolgen und scheinen freie Enden zu sein. Ausserdem waren in dieser Verästelung bei q einige Verbindungen der blassen Endfasern da, welche jedoch im Ganzen sehr selten vorkommen. Ueber die Gesammtverästelung der blassen Endfasern giebt nun endlich noch die Fig. 7 Aufschluss. Hier sind die noch dunkelrandigen Theile der 5 sensiblen Fasern (1, 1, 1, 1, 1.) mit dunklen, schematisch zu stark angegebenen Linien dargestellt. Alle blass gezeichneten Seitenäste und Endausläufer (2) sind blasse Endfasern, deren Kerne nicht angegeben sind. Ich habe mir viele Mühe gegeben, alle diese Endfasern zu verfolgen, doch ist es mir wahrscheinlich nicht ganz gelungen, denn es sind einzelne Felder des Muskels leer geblieben, die wahrscheinlich auch solche besitzen. Immerhin zeigt die Abbildung, dass die Zahl dieser Endfasern sehr gross und ihr Verbreitungsbezirk ein bedeutender ist. Die mit 3, 3, 3 bezeichneten Fasern waren solche, die von der äussern zur tiefern Fläche des Muskels sich begaben, um dort ihr Ende zu erreichen. Ausserdem zeigt die Figur bei 4, 4, 4, sieben noch dunkelrandige sensible Fasern, die am untern Ende über den Bereich des Hautmuskels heraustreten, um wahrscheinlich auf den Bauchmuskeln ihr Ende zu erreichen.

Von den sensiblen Fasern hätte ich nun nur noch das zu bemerken, dass die Stammfasern derselben ziemlich breite Röhren sind, die denen der motorischen Fasern an Breite nichts oder nicht viel nachgeben. Es findet sich somit auch hier eine bedeutende Verschmälerung in der Endausbreitung, denn alle freiverlaufenden sensiblen Fasern sind ganz feine, die, die weitabstehende Scheide nicht mit gerechnet, 0,001‴ kaum übersteigen. Die blassen Endfasern betragen alle unter 0,001‴, wobei ebenfalls die Scheide da wo sie noch erkennbar ist, nicht mitgezählt ist, und messen die stärkeren von 0,0005—0,0008‴, während die feineren und die letzten Ausläufer bis zur Feinheit von Bindegewebsfibrillen herabgehen. Alle feineren Endfasern liegen ganz oberflächlich im Perimysium und zwischen demselben und den Muskelfasern, und scheinen schliesslich frei auszulaufen; wenigstens kommt man bei Verfolgung derselben mit den besten Linsen schliesslich immer zu Stellen, wo sie ganz zart dem Blicke sich entziehen und in keiner Weise weiter zu verfolgen sind, auch wenn man eine noch so grosse Uebung im Erkennen und Auffinden derselben sich erworben hat, was, wie ich für diejenigen bemerke, die diese Untersuchungen wiederholen, eine der schwierigsten mikroskopischen Aufgaben ist.

Ausser den sensiblen Nerven finden sich nun im Hautmuskel der Brust des Frosches auch noch Gefässnerven, deren Verlauf und Ursprung mir jedoch nicht vollkommen klar geworden ist. Diese Gefässnerven stimmen ganz und gar mit den blassen sensiblen Endfasern überein und besitzen wie diese von Stelle zu Stelle Kerne. Ihr Vorkommen

anlangend so fand ich sie besonders an kleineren Venen und Gefässchen der arteriellen Seite, die jedoch keine Muskeln mehr besassen, und konnte sie oft mit Theilungen auf lange Strecken von einem Aste auf andere verfolgen, ohne bestimmte Enden zu finden. An Gefässen von entschieden arteriellem Baue sah ich sie in einzelnen Fällen auch, vermisste sie jedoch häufig, ohne in dieser Beziehung ganz Sicheres vorbringen zu können, da die zahlreichen spindelförmigen Bindegewebskörperchen in der Adventitia der stärkeren Gefässe die Entscheidung über die Natur einzelner kernhaltiger Fasern sehr erschweren. Nur Einmal sah ich einen Ursprung der Gefässnerven von einer dunkelrandigen Faser, die ein Ast einer sensiblen Faser war, und scheint es demnach, als ob wenigstens ein Theil dieser Nerven sensibler Natur wäre, wofür auch ihr häufiges Vorkommen an muskelfreien Gefässchen spricht.

3. Von den Nervenknospen im Hautmuskel des Frosches.

In dem genannten Muskel des Frosches kommen im Winter (Februar und März) ausnahmslos 3—5 eigenthümliche Bildungen vor (Fig. 7. 5, 5, 5, 5, 5; Fig. 10.), die auf den ersten Blick an Tastkörperchen oder Endkolben erinnern, ohne jedoch in diese Abtheilung von Organen zu gehören. Auf den ersten Blick und selbst bei genauerer Untersuchung erscheinen diese Gebilde als etwas erweiterte Stellen mittelstarker Muskelfasern, die durch einen grossen Reichthum an eher rundlichen Kernen sich auszeichnen und zu denen eine einzige sehr breite Nervenfaser mit weit abstehender Scheide tritt. Verfolgt man diese, so findet man, dass sie den fraglichen Anschwellungen mit zahlreichen Windungen und knäuelförmigen Bildungen, in denen auch Theilungen vorkommen, an einer oder mehreren Stellen aufliegt und oft unzweifelhaft in dieselben eintritt, in welchem Falle dann die dunkelrandigen Fasern, feiner geworden, in verschiedener Tiefe und Gegenden dem Blicke sich entziehen. Letzterer Umstand machte mir diese Bildungen besonders wichtig, und gab es eine Zeit, wo ich der Ueberzeugung mich hingab, dass hier wenigstens die Nervenröhren im Sinne *Kühne's* in die Muskelfasern eintreten. Eine sorgfältige und nicht leichte Untersuchung der Muskelfasern mit den Nervenknäueln und Anschwellungen an durch Essigsäure durchsichtig gemachten Muskeln mit Hülfe guter starker Vergrösserungen (5—600) lehrte mich jedoch, dass die vermeintlich einfachen Muskelfasern mit der Anschwellung aus einem ganzen Bündel von 3—7 feinen Muskelfasern bestehen, zwischen denen die Nervenröhren des Knäuels nur hindurchtreten. Zuerst fand ich bei Verfolgung der scheinbar einfachen Muskelfasern mit den Nervenknäueln gegen die Enden des Muskels zu, dass dieselben hier deutlich aus mehrfachen feineren, noch quergestreiften Fasern bestehen. Diess brachte mir die Bündel feiner Muskelfasern in Erinnerung, die ich aus eigener Anschauung

kannte, aus denen *Weismann* das Vorkommen einer Längstheilung der Muskelprimitivbündel abgeleitet hat (Zeitschr. f. rat. Med. 1860. Bd. X. St. 263.), und war es, nachdem ich einmal so weit war, nicht mehr schwer, diese Bündel feiner Fasern aus dem Hautmuskel durch starke Kalilösung für sich darzustellen (Fig. 11.) und nachzuweisen, dass in der That sie es sind, die an einer Stelle wie eine Anschwellung mit einer starken, dunkelrandigen Nervenröhre besitzen. An dieser Stelle (1) hingen die feinen Muskelfasern innig zusammen und zeigte sich auch ein sie verbindendes körnigstreifiges, zartes Gewebe, das ich als veränderten Rest der feinen Nervenverästelung und eines diese vielleicht begleitenden spärlichen Bindegewebes, sowie von Capillaren aufzufassen geneigt bin. Deutet man, wie *Weismann* sicherlich mit Recht thut, die Bündel feiner Muskelfasern als Theilungsergebnisse stärkerer Muskelfasern[1]), so werden die eigenthümlichen, von mir gefundenen Nervenknäuel auf einmal klar und erscheinen dieselben als Wucherungen der Nervenfaser des ursprünglichen Primitivbündels, welche gleichzeitig mit der Theilung desselben sich anschickt, auch allen den Theilfasern ihre Nervenenden zukommen zu lassen. Eine genaue Erforschung der hierbei stattfindenden Vorgänge verbietet der innige Zusammenhang der feinen Muskelfasern an der betreffenden Stelle, den, beiläufig gesagt, schon *Weismann* beschreibt und abbildet, ohne dessen Bedeutung zu kennen (l. c. St. 268. Taf. VI. Fig. III.), doch zweifle ich nicht, dass die ursprünglichen blassen Nervenenden durch Wucherung und Kernvermehrung nach und nach so sich entwickeln, dass sie schliesslich alle neuen Fasern zu versorgen im Stande sind, und glaube ich auch, dass ein Theil der zahlreichen Kerne an der fraglichen Stelle den Nervenenden angehört. Gleichzeitig mit der Vermehrung der Endfasern scheint auch die dunkelrandige Stammfaser stärker zu werden, was die sonst unbegreifliche Thatsache verständlich machen würde, dass dieselbe ohne Ausnahme eine ganz dicke Faser ist, stärker als die, die sonst zu einzelnen Muskelfasern treten. — Zum Schlusse nun noch die Bemerkung, dass diese eigenthümlichen Vorgänge, in welche hier zum ersten Male eine etwelche Einsicht sich eröffnet, wohl auch sehr wenig zu Gunsten der *Kühne*'schen Ansicht von der Endigung der Muskelnerven sprechen. Wären die Nervenenden der sich theilenden Muskelfaser ursprünglich in derselben drin, so müssten sie, um auch alle Theilstücke zu versehen, offenbar in ganz unbegreiflicher Weise von der Theilung unbehelligt bleiben und später in einzelne der Theilfasern nicht nur hineingehen, sondern auch aus denselben wieder heraustreten,

1) *Weismann's* Angaben sind in der neuesten Zeit von *Aeby* bezweifelt worden und gebe ich daher hier noch in Fig. 12. die Abbildung eines Stückes einer vielkernigen Muskelfaser mit zwei unzweifelhaften Spaltbildungen, die mir, zusammen genommen mit dem Vorkommen der Bündel feiner Fasern, entschieden eine Längstheilung der ganzen Muskelfasern zu beweisen scheinen. Von einer Randabspaltung im Sinne *Weismann's* habe ich bisher nichts gesehen.

um zu den andern sich zu begeben. Lässt man dagegen die Nervenenden auf dem Sarcolemma aussen aufliegen, wie ich, so ist es äusserst leicht zu begreifen, wie dieselben nach und nach zwischen die Theilstücke hineinwuchern und schliesslich an jedem derselben besondere Endzweige bilden. So gewinnen die Nervenknäuel oder Nervenknospen an den sich theilenden Muskelfasern auch von dieser Seite an Bedeutung und ist diess mit der Grund, warum ich es mir angelegen sein liess, ihre Bedeutung zu erforschen.

Würzburg, 9. April 1862.

Erklärung der Abbildungen.

In allen Figuren haben folgende Buchstaben dieselbe Bedeutung:

a *Schwann*'sche Scheide der Nervenfasern.
b Uebergang derselben auf die blassen Nervenfasern.
c Kerne der Scheide der dunkelrandigen Röhren.
d Fortsetzung der dunkelrandigen Fasern in die blassen Endfasern, wohl vorzugsweise aus dem Axencylinder bestehend.
e Blasse Endfasern, an denen Scheide und Axencylinder nicht mehr getrennt zu unterscheiden sind.
f Kerne der blassen Endfasern (die Endorgane *Kühne's*).
g Verbindungen der blassen Endfasern untereinander.
h Umrisse der Muskelfasern.

Tafel XIII.

Fig. 1—5. Endverästelung der motorischen Nerven aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches, mit Linse 10 à immersion von *Hartnack* und Ocular 1.

Fig. 1. Einseitig von einem Stämmchen, von dem nur 2 Fasern und die Scheide gezeichnet sind, auf eine Muskelfaser übergehende Verästelung.

Fig. 2. Nach zwei Hauptrichtungen auf einer Muskelfaser sich ausbreitende Endfasern, von denen einige über den Bereich derselben hinausgehen, *r* ein Muskelkern.

Fig. 3. Der schönste mir vorgekommene Fall einer Endverästelung im Bereiche von 4 Muskelfasern.

Fig. 4. Durch Reichthum an blassen Endfasern ausgezeichnete Verästelung im Bereiche zweier Muskelfasern.

Fig. 5. Einfache Verästelung mit einer Endfaser, die entschieden aussen auf dem Sarcolemma verläuft. Der andere Ast endet an einer zweiten Faser.

Fig. 6. Motorische Nervenenden aus den Bauchmuskeln des Frosches mit Linse 7. Oc. 1. von *Hartnack*, von einem in *H Cl* von 1 pro mille behandelten Muskel.

Tafel XIV.

Fig. 7. Nervenausbreitung im Hautmuskel der Brust des Frosches, 24 mal vergr. Die Muskeläste sind nur in ihrer gröberen Verzweigung angegeben. 1, 1, 1, 1, 1 Fünf sensible Nervenfasern, 2, 2, 2 blasse Endfasern dieser, deren Kerne nicht

angedeutet sind. 3, 3, 3 Sensible Nervenfasern, die zur untern, von der Haut abgewendeten Seite des Muskels treten. 4, 4, 4 Dunkelrandige sensible Fasern, die am untern Rande des Muskels über den Bereich desselben hinausgehen. 5, 5, 5, 5, 5 Fünf Muskelfasern mit Nervenknospen.

Tafel XV.

Fig. 8. Anfang der Verästelung einer sensiblen Faser aus dem Hautmuskel des Frosches, Linse 7. Oc. 1. von *Hartnack*. *m* Muskelstämmchen. *s* Abgehende sensible Faser; x, y, z durch Theilung dieser entstandene Zweige, z. Th. noch mit dunkelrandigen Fasern; x', v, v von diesen abgehende blasse Endfasern. y' Theilung des Axencylinders einer schon blassen Faser. y'' Abgang des einen Astes in eine blasse Endfaser.

Fig. 9. Endverästelung der sensiblen Nervenfasern von derselben Stelle, Linse 7. Oc. 1. von *Hartnack*. *w* Stammfaser, die noch eine Scheide und einen Axencylinder erkennen lässt; *o, o, o, o* nicht ausgezeichnete Endfasern; *p, p* freie Endigungen der Endfasern, *q* Anastomosen derselben.

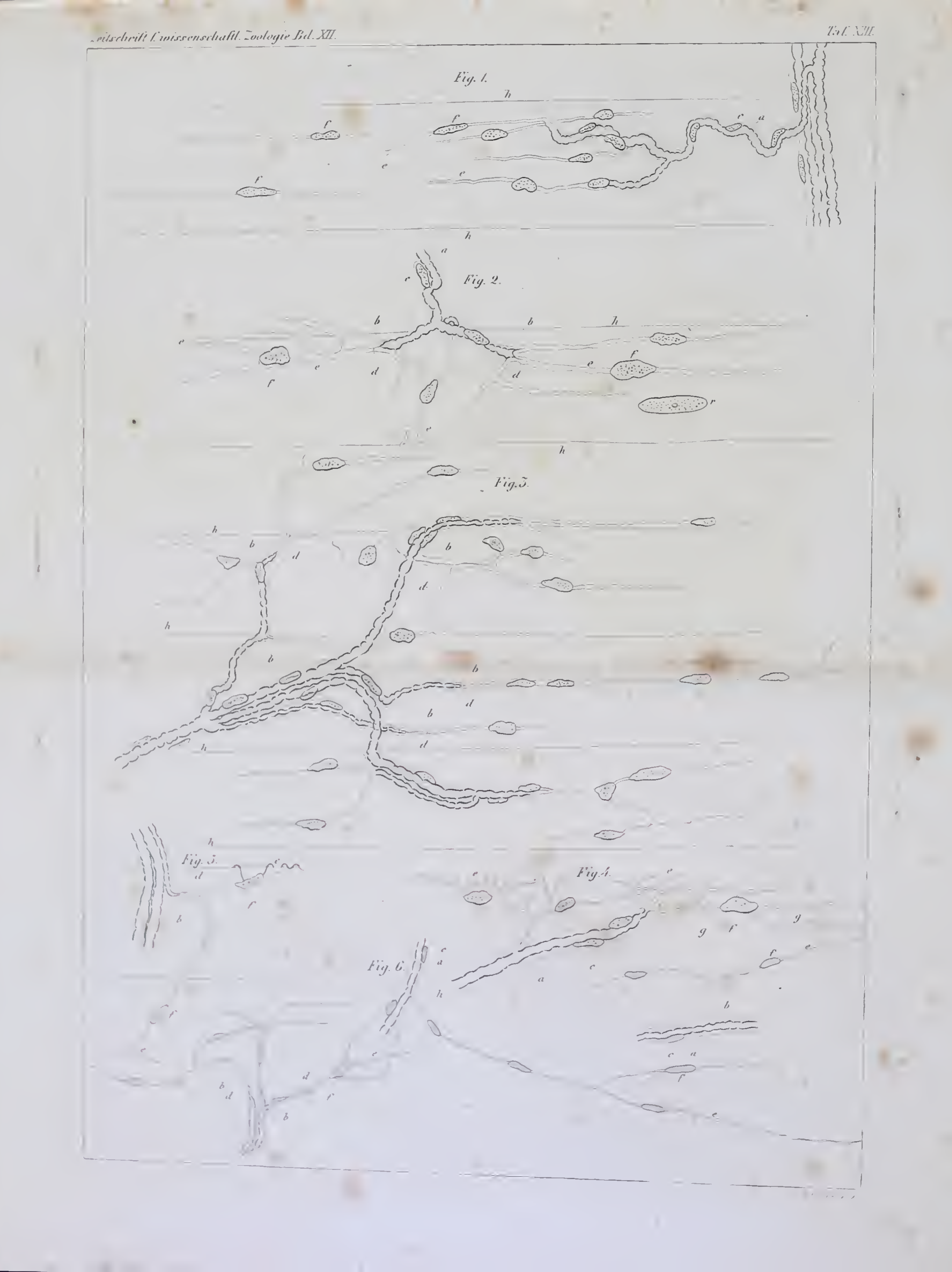
Tafel XVI.

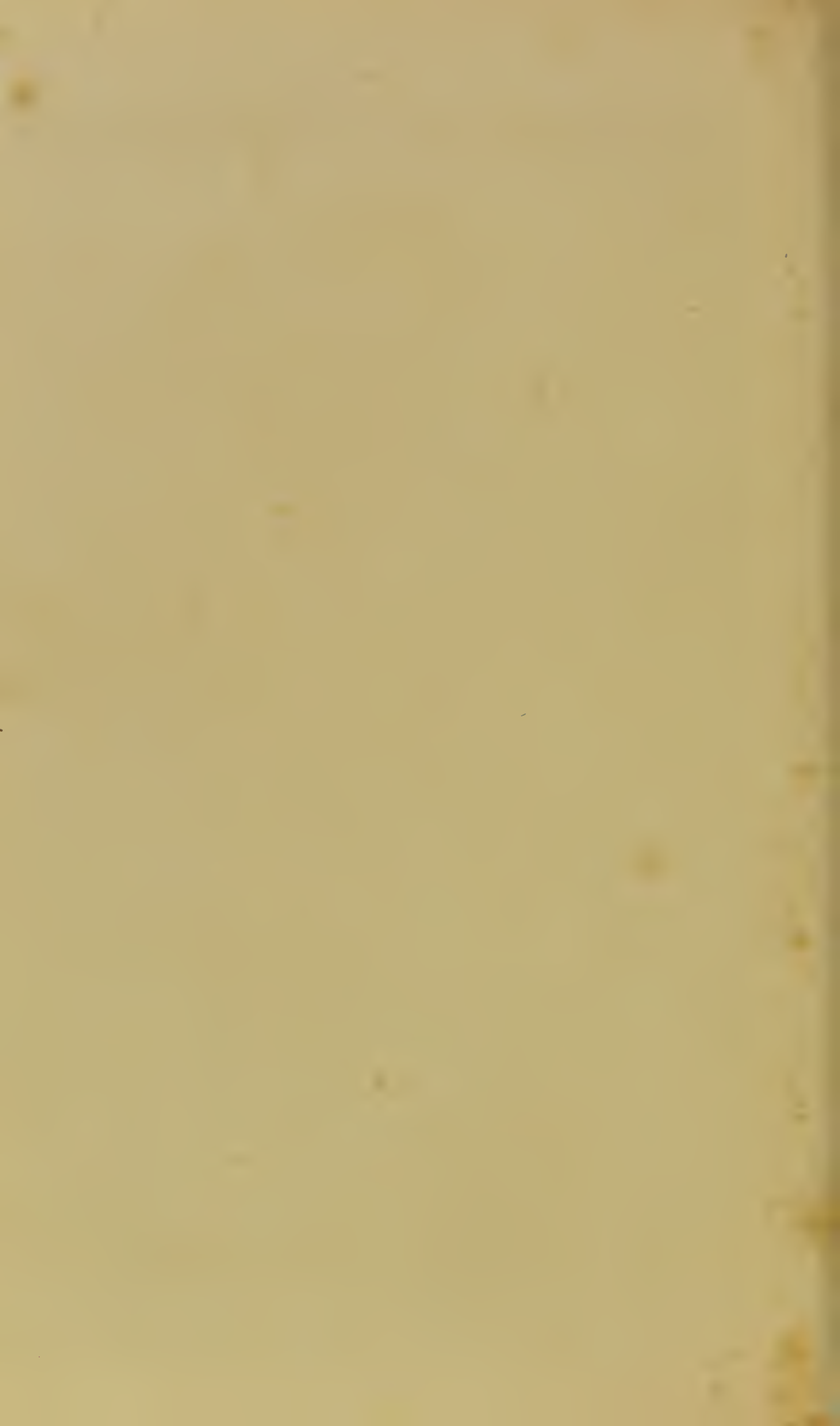
Fig. 10. Eine Nervenknospe aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches, scheinbar in einer Muskelfaser gelegen, die an dieser Stelle zahlreiche Kerne führt. Linse 10 à immersion. Oc. 1. von *Hartnack*.

Fig. 11. Ein Bündel der feineren Muskelfasern, an denen die Nervenknospen sich finden, von denen bei 1 noch Reste zu sehen sind. Mit Kali von 35 % behandelt. Geringe Vergrösserung. Das Bündel ist nur bis etwas über die Hälfte dargestellt.

Fig. 12. Mit Kali conc. isolirte Muskelfaser aus dem Hautmuskel des Frosches, die zahlreiche Kernreihen und zwei Spaltbildungen zeigt. Die Streifung der Faser ist nicht angegeben.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.



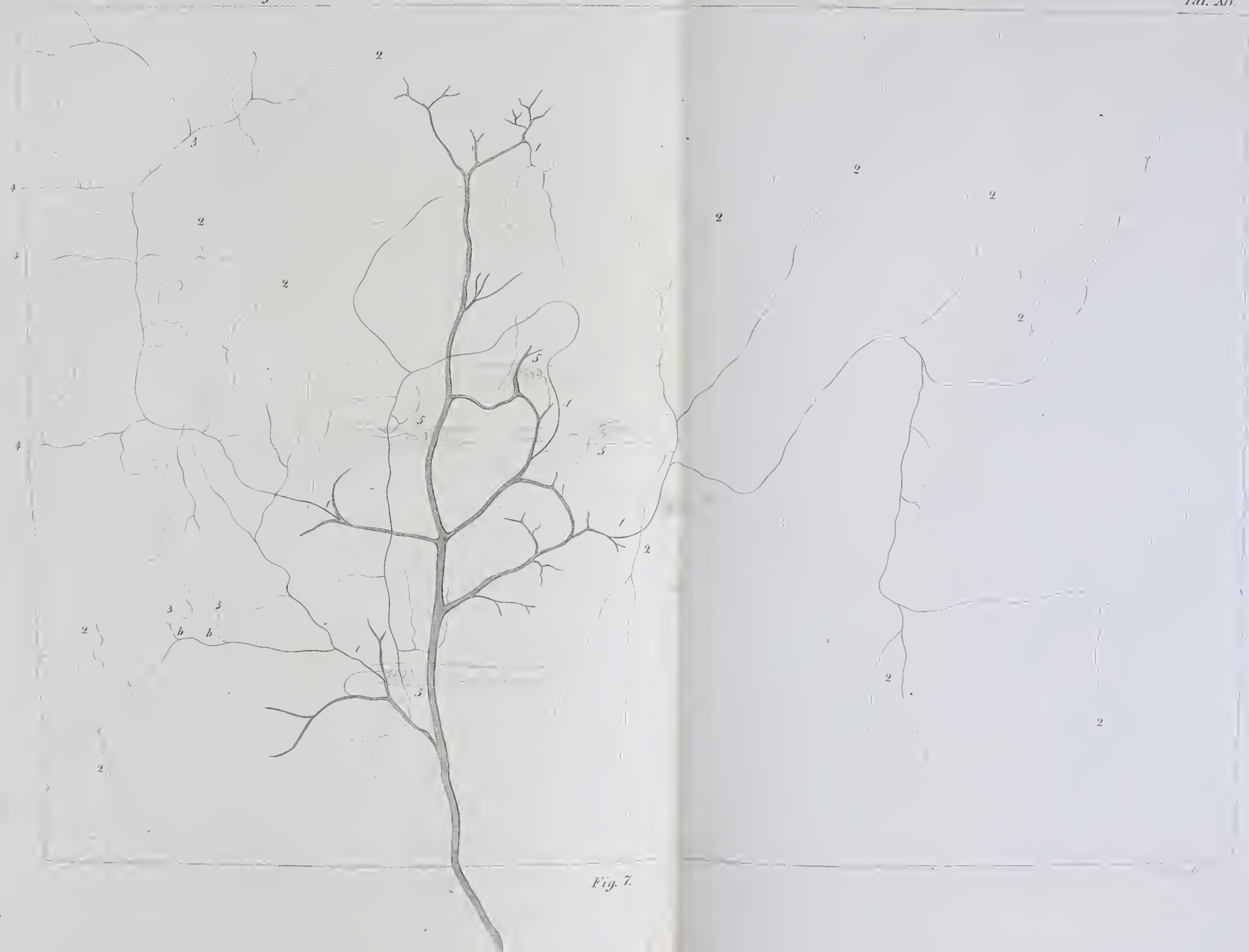
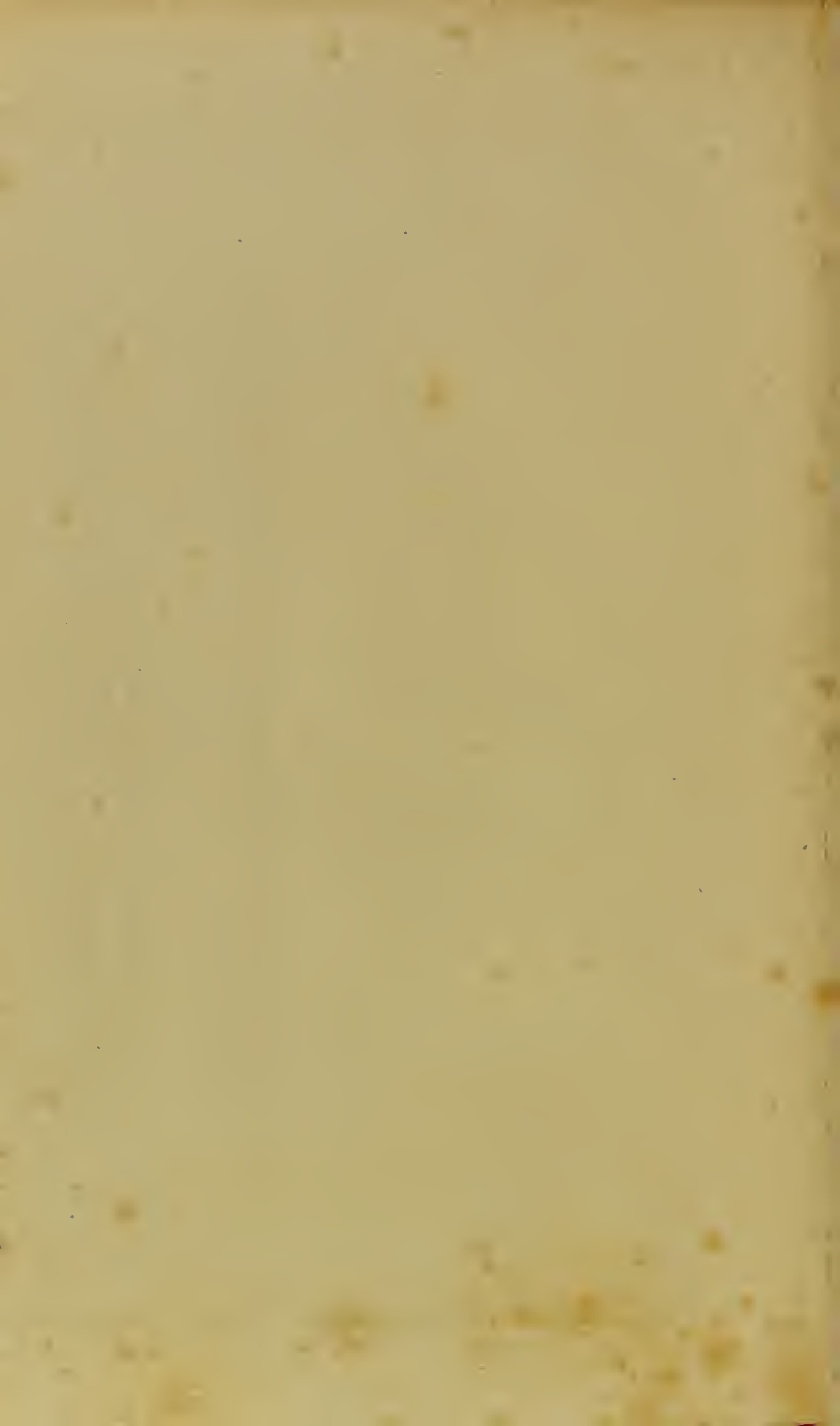
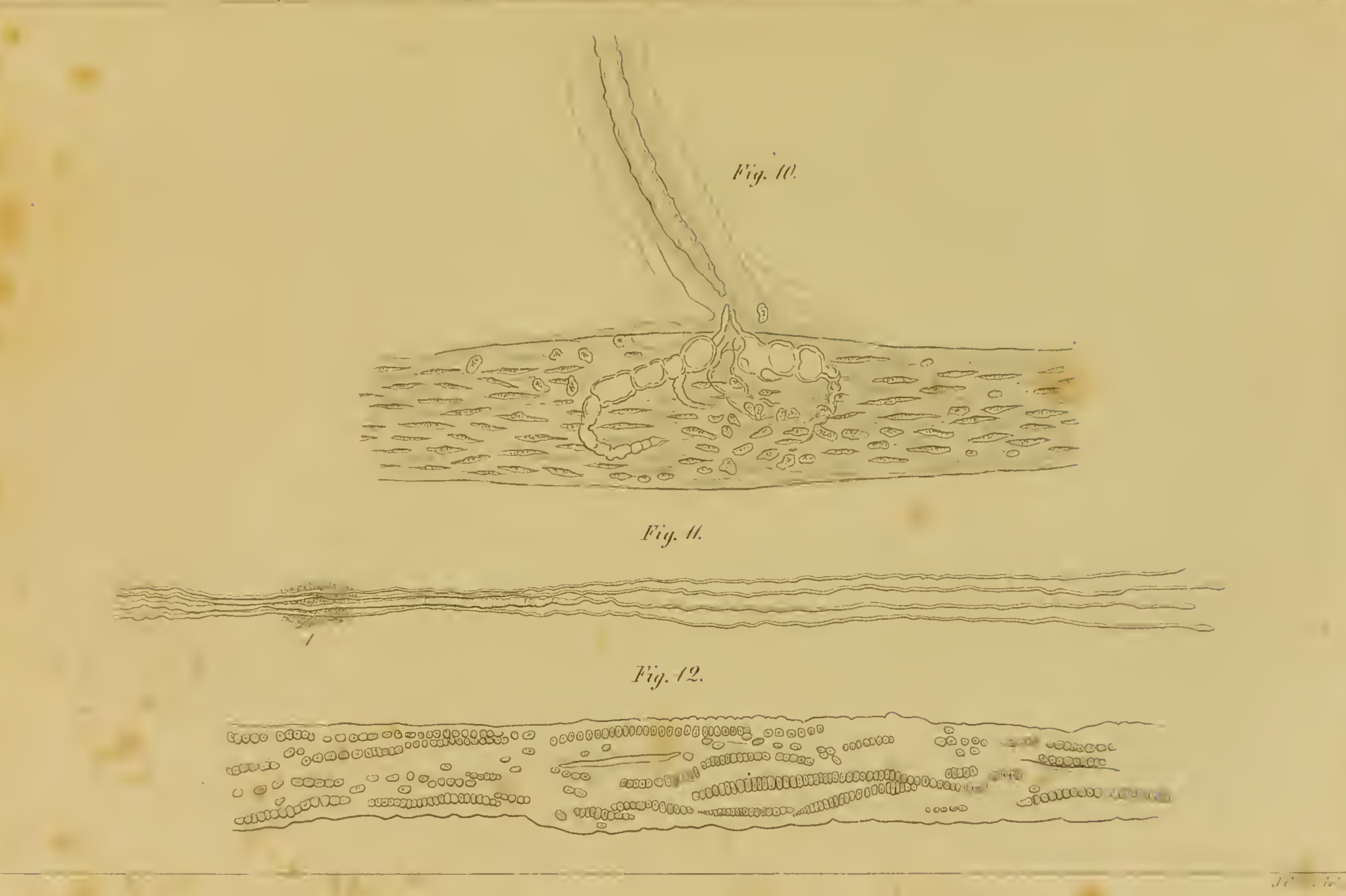


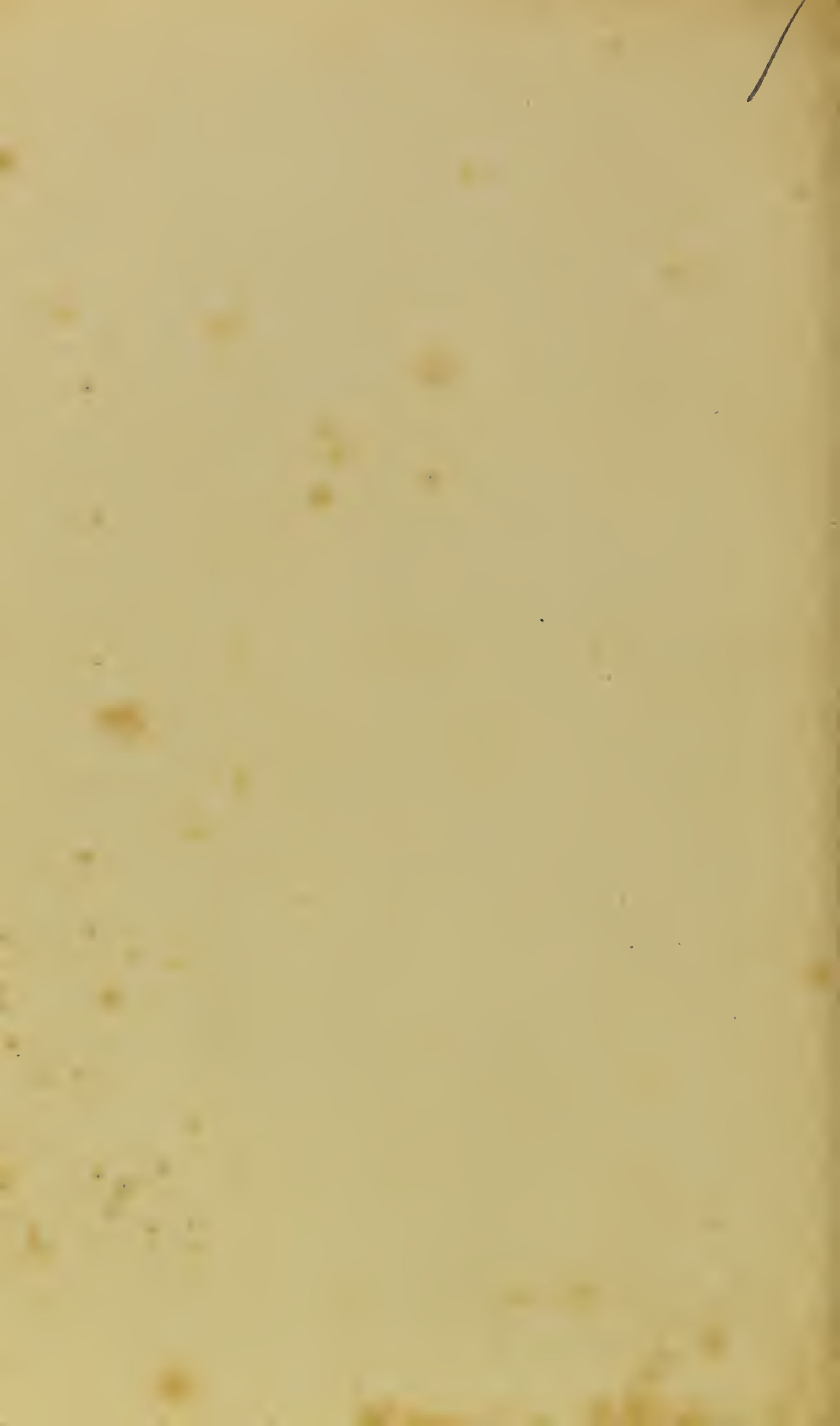
Fig. 7.




Fig. 8.
Fig. 9.
J. C. Loedel s.




Fig. 10.
Fig. 11.
1
Fig. 12.





Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.